

## Дослідження міцності елементів різьби

В статті проведений аналіз причини руйнування елементів різьби болтових з'єднань пов'язаного з впливом відношення висоти гайки до діаметра гвинта  $\frac{L}{d}$  та діаметра гвинта до кроку різьби  $\frac{d}{S}$ .  
**стержень, болт, гайка, різьба, з'єднання, міцність, зусилля.**

В сучаснім машинобудуванні та сільськогосподарському виробництві широко використовуються різьбові з'єднання. На різьбові з'єднання діють статичні навантаження, які можуть викликати наступні види руйнування: розрив стержня болта, зминання та зріз різьби. Під дією осьової розтягуючої сили навантаження по робочих витках різьби розподіляється нерівномірно. Висновки з досліджень розподілу навантаження представлені в роботах [1, 2]. Вперше вирішив задачу для з'єднання утвореного безперервними витками різьби з урахуванням їх податливості Й.А. Биргера.

Дослідження виявили природу й ступінь нерівномірності розподілу навантаження по робочих витках різьби. Такий характер розподілу обумовлений тим, що осьове навантаження викликає в стержні болта й тілі гайки різні по величині, а в з'єднаннях типу болт — гайка й протилежні по знаку деформації. Це, а також деформація контактуючих витків різьблення приводять до змінної по висоті гайки інтенсивності розподілу осьових сил й концентрації навантаження на перших (вважаючи від опорного торця гайки) витках.

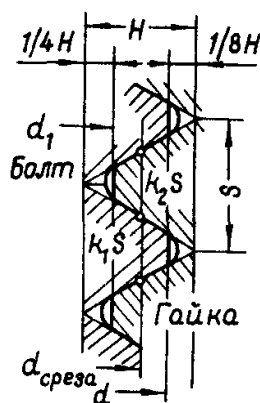


Рисунок 1 - До визначення рівномірності різьби і стержня болта на зріз.

Розглянемо міцність різьби трикутного профілю, який найбільш широко застосовується в різьбових з'єднаннях. Визначимо необхідну висоту гайки, виходячи з рівномірності стержня болта на розрив і зрізу різьби гайки. Очевидно, що зусилля, руйнуюче тіло болта, може бути визначено за формулою:

$$F_{розрива}^B = \sigma_B^B \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \quad (1)$$

де  $d_1$  - номінальний внутрішній діаметр різьби;

$\sigma_B^B$  - межа міцності матеріалу болта.

У тому випадку, коли стержень болта в місці переходу від нарізаної частини до циліндричної має кільцеву проточку, замість  $d_1$ , у формулу для визначення руйнуючого зусилля підставляється її діаметр.

Зусилля, яке зрізає витки болта, рівне:

$$F_{зр}^B = \pi \cdot d_{зр} \cdot K_1 \cdot L \cdot \tau_{Bзр}^B, \quad (2)$$

де  $d_{зр}$  - діаметр циліндричної поверхні зрізу витків;

$K_1$  - коефіцієнт повноти різьби болта (див.рис.1);

$L$  - висота гайки;

$\tau_{Bзр}^B$  - межа міцності на зріз матеріалу болта.

Зусилля, яке зрізає витки гайки, відповідно рівне:

$$F_{зр}^G = \pi \cdot d_{зр} \cdot K_2 \cdot L \cdot \tau_{Bзр}^G, \quad (3)$$

де  $K_2$  - коефіцієнт повноти різьби гайки;

$\tau_{Bзр}^G$  - межа міцності на зріз матеріалу гайки.

Інші величини мають ті ж значення, що і у попередньому випадку.

З рівності зрізаючих зусиль для витків болта і гайки знайдемо:

$$K_1 \cdot \tau_{Bзр}^B = K_2 \cdot \tau_{Bзр}^G. \quad (4)$$

З огляду на рисунок1 очевидно, що

$$K_1 \cdot S + K_2 \cdot S = S, \quad \text{або} \quad K_1 + K_2 = 1.$$

Розв'язуючи останні два рівняння, можна знайти вираз для визначення коефіцієнтів повноти різьби:

$$K_1 = \frac{\tau_{Bзр}^G}{\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G} \quad \text{і} \quad K_2 = \frac{\tau_{Bзр}^B}{\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G}. \quad (5)$$

Якщо приблизно прийняти  $d_{зр} = d$ , то зусилля зрізу витків різьби гайки дорівнює:

$$F_{зр} = \pi \cdot d_{зр} \cdot K_2 \cdot L \cdot \tau_{Bзр}^G = \pi \cdot d \cdot L \cdot \frac{\tau_{Bзр}^B \cdot \tau_{Bзр}^G}{\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G}. \quad (6)$$

Умова рівноміцності стержня болта і різьби гайки може бути записано в наступному вигляді

$$F_{руйн.} = F_{зр}, \quad (7)$$

або

$$\sigma_B^B \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \pi \cdot d \cdot L \cdot \frac{\tau_{Bзр}^B \cdot \tau_{Bзр}^G}{\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G}, \quad (8)$$

звідси

$$L = \frac{\sigma_B^B \cdot d_1^2 \cdot (\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G)}{4 \cdot d \cdot \tau_{Bзр}^B \cdot \tau_{Bзр}^G}, \quad (9)$$

або

$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{d_1^2}{d^2} \cdot \frac{\sigma_B^B \cdot (\tau_{Bзр}^B + \tau_{Bзр}^G)}{\tau_{Bзр}^B \cdot \tau_{Bзр}^G}. \quad (10)$$

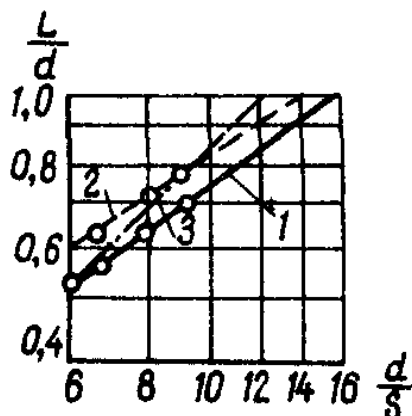
Враховуючи, що для метричної різьби

$$\frac{d_1^2}{d^2} = (1 - 1.08 \frac{S}{d}), \quad (11)$$

отримаємо:

$$\frac{L}{d} = \frac{1}{4} \cdot (1 - 1.08 \frac{S}{d}) \cdot \frac{\sigma_B^B \cdot (\tau_{Bzp}^B + \tau_{Bzp}^G)}{\tau_{Bzp}^B \cdot \tau_{Bzp}^G} \quad (12)$$

На рис.2 представлені криві, визначаючи значення  $\frac{L}{d}$  в залежності від  $\frac{d}{S}$ , висота гайки при малих кроках різьби (відношення  $\frac{L}{d}$ ) значно менше прийнятого стандартного значення і становить  $0,52d$ , а при збільшених кроках відношення  $\frac{L}{d}$  збільшується до 1 і більше.



1 - гайка із звичайним розміром під ключ; 2 - гайка із зменшеним розміром під ключ ( $\sigma_B$  болта = 800...900 МПа;  $\sigma_B$  гайки = 600...700 МПа); 3 - гайка із звичайним розміром під ключ ( $\sigma_B$  болта = 420...600 МПа)

Рисунок 2 - Відносна висота гайки  $L/d$ , яка необхідна для рівномірності різьби і стержня болта:

При співвідношеннях, справедливих для метричних стандартних різьб, і однакових матеріалах болта і гайки можна отримати,  $\frac{L}{d} = 0.8$ , або  $L = 0.8 \cdot d$ , що відповідає висоті стандартних гайок.

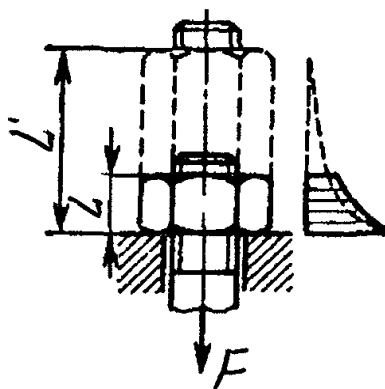


Рисунок 3 - Картина розподілу навантаження по витках різьби.

З рис.3 можна зробити висновок, що для з'єднання типу болт – гайка збільшення висоти гайки практично не впливає на характер розподілу навантаження.

## Список літератури

1. Детали машин. Учебник для студентов машиностроительных вузов /Под ред. проф. В.А. Добровольского. – М.: Машиностроение, 1972. – 502 с..
2. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.

В статті проведений аналіз причини руйнування елементів різьби болтових з'єднань пов'язаного з впливом відношення висоти гайки до діаметра гвинта  $\frac{L}{d}$  та діаметра гвинта до кроку різьби  $\frac{d}{S}$ .

In the article there is the conducted analysis of reason of destruction of elements of screw-thread of screw-bolt connections of related to influencing relation of height of nut to the diameter of screw  $\frac{L}{d}$  and diameter of screw to the step of screw-thread  $\frac{d}{S}$ .